

133. Investigación en la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Experimentales en el Grado de Maestro en Educación Primaria.

A. Menargues Marcilla¹; R. Limiñana Morcillo²; S. Rosa Cintas³; I. Luján Feliu-Pascual⁴; C. Nicolás Castellano⁵; R. Colomer Barberá⁶; I.; P. Quinto Medrano⁷; F. Savall Alemany⁸; J.A. García Lillo⁹; J. Martínez Torregrosa¹⁰

¹ a.menargues@ua.es

*Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas
Universidad de Alicante*

² ruben.lm@ua.es

*Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas
Universidad de Alicante*

³ sergio.rosacintas@ua.es

*Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas
Universidad de Alicante*

⁴ isa.lujan@ua.es

*Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas
Universidad de Alicante*

⁵ carolina.nicolas@ua.es

*Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas
Universidad de Alicante*

⁶ rafa.colo@ua.es

*Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas
Universidad de Alicante*

⁷ patricia.quinto@ua.es

*Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas
Universidad de Alicante*

⁸ paco.savall@ua.es

*Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas
Universidad de Alicante*

⁹ josea.garcia@ua.es

Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas

Universidad de Alicante

¹⁰ joaquin.martinez@ua.es

Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas

Universidad de Alicante

RESUMEN

Tras analizar en un trabajo anterior las concepciones alternativas de los estudiantes del Grado de Maestro en Educación Primaria sobre el tema de las propiedades de la materia (el cual forma parte del currículo de primaria), en el presente trabajo desarrollamos una propuesta didáctica para mejorar la enseñanza de la densidad en dicho grado, con lo que se pretende no sólo que el alumnado mejore su formación sobre el tema en cuestión, sino que además dicha propuesta didáctica les sirva para ponerla en práctica con sus futuros discentes. Para ello, se ha llevado a cabo un estudio en tres grupos de la asignatura ‘Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Experimentales II’, de tercer curso del Grado, con un total de 124 personas. Los instrumentos empleados han sido: un cuestionario pre-test y post-test, y el programa guía de la unidad didáctica sobre densidad. Los resultados del pre-test de este estudio mostraron que a pesar de que casi el 60% del alumnado supo identificar correctamente cuándo un objeto es más denso que otro, apenas el 38% sabe explicar el porqué. Tras realizar la intervención didáctica en el aula, los resultados mejoraron considerablemente respondiendo correctamente el 80% de los participantes.

Palabras clave: Enseñanza de la densidad, enseñanza problematizada de las ciencias, maestros de primaria, enseñanza de las ciencias por indagación.

1. INTRODUCCIÓN

Cuando el alumnado de cualquier nivel académico afronta nuevos conocimientos científicos, no muestra un total desconocimiento sobre ellos, sino que presentan ideas alternativas sobre este tema que suelen estar muy arraigadas y que tienen un importante nivel de coherencia interna (Caballero, 2008; Meheut y Psillo, 2004). Estos errores conceptuales, que pueden aparecer por la interacción de los discentes con el entorno e, incluso, como resultado de la educación formal recibida a lo largo de su vida; son en muchas ocasiones difíciles de modificar, e incluso es posible que prevalezcan desde la infancia hasta la edad adulta (Shtulman y Valcarcel, 2012). Uno de los temas más relevantes de la enseñanza de las ciencias, donde además existen multitud de concepciones alternativas, es el de la materia y sus propiedades (National Research Council, 1996; Verdú y Martínez-Torregrosa, 2005). Es decir: ¿Cuál es la estructura de todas las cosas? ¿Tienen algo en común los sólidos, los líquidos y los gases? Dentro de este tema, los estudiantes presentan menor dificultad para adquirir el conocimiento de que tanto el volumen como la masa son propiedades comunes a todos los materiales, incluidos los gases. Esto es, cualquier material ocupa un espacio y tiene un peso medible, como consecuencia de estar en la Tierra. Precisamente, porque el volumen y la masa son comunes a toda la materia, no nos sirven para diferenciar unos materiales de otros (Martínez-Torregrosa et al., 1997). Se hace pues necesario el buscar otra propiedad diferenciadora, la densidad.

Diversos autores han estudiado cómo abordar la enseñanza de la densidad para conseguir un aprendizaje significativo. Desde los primeros trabajos de Eugene Gennaro (1966) en la década de los noventa, hasta estudios más recientes, como por ejemplo (Maclin et al., 2009; Dawkins et al., 2010; Hitt, 2010; Karakas, 2012; Hashweh, 2015). De la investigación sobre la enseñanza de la densidad se deriva que los estudiantes llegan a dominar bien el concepto de densidad a nivel operativo, por medio de su fórmula (masa/volumen). Sin embargo, cuando tienen que hacer frente a cuestiones conceptuales, más allá de los valores numéricos, sobre la utilidad de la densidad y qué factores influyen en ella, muchos estudiantes se sienten perdidos.

Para tratar de solventar esta problemática, en el presente trabajo se realiza una propuesta didáctica para el alumnado del Grado de Maestro en Educación Primaria, basada en la enseñanza por indagación (Furió et al., 2006; Guisasola et al., 2008; Becerra-Labra et al., 2012; Osuna et al., 2012). Dicha propuesta pretende responder a la

siguiente pregunta: ¿Cómo decidir si un material es más ligero o más pesado que otro? Asimismo, la propuesta está estructurada en base a los contenidos del currículo de Educación Primaria (DECRETO 108/2014), dentro del bloque de ‘Materia y Energía’, y forma parte de un conjunto de secuencias que siguen un hilo conductor a lo largo de toda la etapa de educación primaria. A la hora de diseñar las secuencias de actividades, se han tenido en cuenta las características y limitaciones del pensamiento infantil de los 6 a los 12 años (Harlen, 1998), para que tengan sentido para ellos y para el alumnado del grado. De esta manera, se consigue una coherencia vertical en el avance del tema de la materia a lo largo de toda la primaria.

Con esta unidad didáctica problematizada se pretende que las futuras maestras y maestros de Educación Primaria, y su futuro alumnado, no sólo superen las concepciones alternativas sobre el tema de densidad; sino que además construyan ideas científicas sobre las propiedades de la materia que puedan aplicar en su vida cotidiana, adquiriendo un conocimiento funcional sobre el tema tratado. Por lo tanto, el objetivo que pretendemos alcanzar con nuestra secuencia de actividades problematizadas es doble, por un lado, que los alumnos y alumnas del grado mejoren su formación sobre la densidad de los materiales, y por otro, que dicha propuesta didáctica les sirva, además, como guía para ponerla en práctica con sus futuros discentes. En este sentido, nuestra hipótesis es que las alumnas y alumnos del Grado de Maestro en Educación Primaria mejorarán notablemente su conocimiento sobre la densidad de los materiales y sobre qué factores influyen en ella.

2. MÉTODO

En este trabajo se sigue una metodología basada en la enseñanza por indagación o enseñanza problematizada (ej., Martínez Torregrosa y Verdú, 1993; Furió et al., 2006; Osuna et al., 2007 y 2012), que recrea en el aula la manera en la que los científicos generan y contrastan sus ideas, trabajando en equipo, para avanzar en las diferentes disciplinas científicas. Precisamente, esta manera de proceder en el aula, siguiendo el método científico, ha sido señalada ampliamente como uno de los aspectos fundamentales a la hora de mejorar el interés y la confianza de los futuros docentes para la enseñanza de las ciencias experimentales (Verdú et al., 2002; Guisasola et al., 2008; Becerra-Labra et al., 2012).

2.1. Descripción del contexto y de los participantes

Esta investigación se ha llevado a cabo en la asignatura de Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Experimentales II, de tercer curso del Grado de Maestro en Educación Primaria. Se ha realizado el estudio en tres grupos de dicha asignatura, con un total de 124 personas analizadas. Las características de la población sometida a estudio es de un colectivo compuesto mayoritariamente por mujeres (70% mujeres y 30% hombres, aproximadamente), de edad media comprendida entre 21 y 24 años, y con una formación académica previa diversa donde, sin embargo, predominan claramente los estudios de bachillerato en Humanidades y Ciencias Sociales, frente a los de Ciencias y Tecnología.

2.2. Instrumentos

Los instrumentos empleados en el presente estudio han sido dos. El primero de ellos consiste en un cuestionario (Anexo 1) compuesto por dos problemas sobre el concepto de densidad y los factores que influyen en ella que ha sido utilizado para conocer las ideas que tiene el alumnado del Grado sobre dicho concepto antes y después de la intervención didáctica en el aula. Es un cuestionario sencillo y conceptual, que no requiere la realización de cálculos para su resolución, que es justamente la parte que mejor dominan los estudiantes, en base a la literatura y a nuestra experiencia como docentes.

El segundo instrumento utilizado en este trabajo ha sido la secuencia problematizada (Anexo 2) sobre el tema de densidad que ha sido puesta en práctica con el alumnado del Grado tras realizar el cuestionario pre-test antes mencionado.

2.3. Procedimiento

El presente estudio consta de tres etapas o fases.

Primera fase: en esta etapa se le pasó al alumnado del Grado el cuestionario antes de realizar la intervención didáctica para evaluar su conocimiento previo en relación al tema tratado (Anexo 1).

Segunda Fase: durante esta fase se llevó a cabo en las aulas del Grado la intervención didáctica poniendo en práctica la secuencia de actividades propuesta (Anexo 2) sobre la densidad ‘¿Cómo decidir si un material es más ligero o más pesado que otro?’.

Tercera fase: finalmente se le volvió a pasar a los estudiantes el mismo cuestionario como post-test y analizar los resultados de forma comparativa.

3. RESULTADOS

La figura 2 muestra los resultados de las respuestas del alumnado antes y después de la intervención didáctica. En ella se puede observar que los resultados del cuestionario antes de la intervención didáctica (pre-test) muestran que un 41% de los estudiantes que hicieron la prueba no supieran que el cubo A es más denso que el B (pregunta 1) a pesar de haber estudiado el tema de densidad durante la etapa de primaria y secundaria. Los resultados de la segunda pregunta del cuestionario pre-test, en la que los estudiantes tienen que razonar y justificar la respuesta que han dado a la pregunta 1 muestran que tan sólo el 38% realiza una justificación correcta, frente a un 62% que tiene claras concepciones erróneas. Cabe destacar, que dentro de ese 62% se engloba un porcentaje de estudiantes (21%) que sí respondieron correctamente a la pregunta 1, pero que han errado en la justificación.

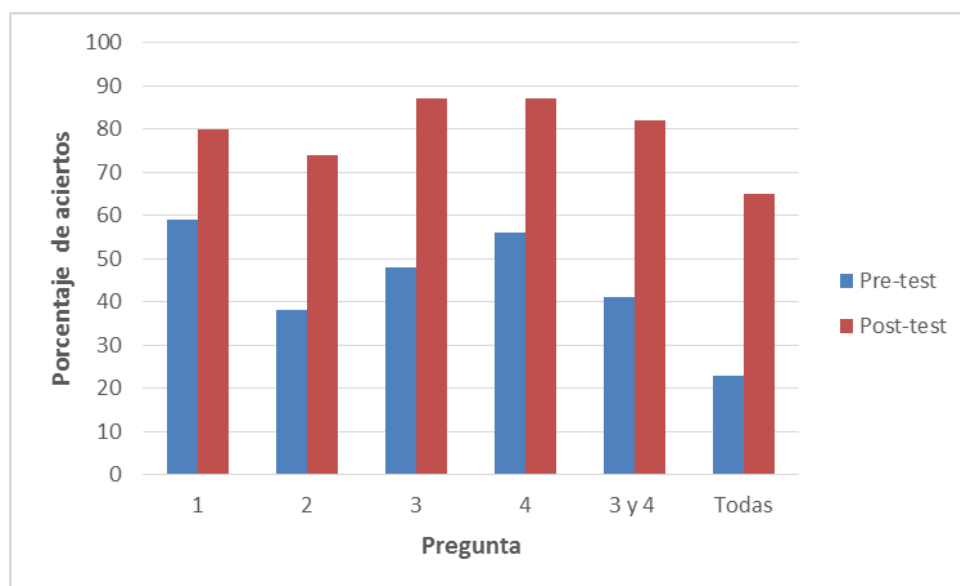


Figura 2. Resultados del alumnado del Grado en Maestro en Educación Primaria al cuestionario pre-test y post-test de densidad.

Los motivos más comunes de estos fallos son:

- Plantear mal la fórmula de la densidad.

- Hacer referencia a que el objeto A está más concentrado o su densidad está más concentrada.
- No relacionar bien la dependencia entre las variables. Ej. “Cuanto menos masa más densidad”.
- Frases sin sentido. Ej. “Tiene una mayor densidad en relación a su masa y volumen”, “su peso tiene mayor densidad”.

El 62% de justificaciones incorrectas también incluye al 41% de personas que no responden satisfactoriamente ni a la pregunta 1 ni a la 2. En relación a este subgrupo, hemos realizado una tabla con las ideas erróneas más frecuentes, presentadas en porcentaje con que aparecen en el cuestionario pre-test (Tabla 1).

Tabla 1. Ideas erróneas más frecuentes de los alumnos/as que no responden correctamente ni a la pregunta 1 ni a la 2 en el pre-test

Ideas erróneas más frecuentes	Porcentaje
B es más denso, porque tiene más volumen (es más grande)	39
A y B tienen igual densidad, porque tienen la misma masa (peso)	33
Dependerá del material del que estén hechos	17
B es más denso, ya que densidad = masa x volumen, y B tiene más volumen	8
No sabe / No contesta	3

Observando la Tabla 1, podemos ver que las ideas erróneas más extendidas son que ‘la densidad depende únicamente de la masa (peso) de los objetos’ (33%) y que ‘el objeto B es más denso porque tiene más volumen’ (39%). En relación a esta segunda idea, un 8% afirma, más categóricamente, que ‘B es más denso, al tener mayor volumen, ya que la densidad es igual a la masa por el volumen’.

En lo que respecta a las preguntas 3 y 4 en el cuestionario pre-test, sobre las propiedades que se modifican y que permanecen invariables al calentar un objeto, menos del 50% tiene claro que si el objeto se dilata su volumen se incrementaría y, consecuentemente, su densidad disminuiría. Del mismo modo, un escaso 56% sabe que la masa es la única propiedad de las tres que permanece invariable, en las condiciones de la situación problemática planteada. Hemos calculado, también, cuántos alumnos/as han acertado las dos preguntas conjuntamente (41%) y cuántos han sido capaces de responder todas la preguntas correctamente (23%), que son muy pocos.

Los errores más comunes en las preguntas 3 y 4 son:

- Afirmar que cambia el volumen, porque se dilata, pero que la masa y la densidad permanecen invariables.
- Afirmar que el objeto se dilata, variando su densidad, pero permaneciendo el volumen y la masa iguales.
- Afirmar que cambia la masa y el volumen, pero no la densidad.

Además, podemos encontrar diversas combinaciones más sobre las propiedades que varían y las que permanecen inalterables, e incluso que todas varían.

Al analizar los resultados del cuestionario post-test observamos una clara mejoría en todas las cuestiones, especialmente significativa en aquellas que requieren una justificación, como son la 2, 3 y 4. Sorprende, sin embargo, que en la pregunta 1 haya un 20% de estudiantes que vuelven a errar, de manera similar a como lo hicieron en el pre-test (Figura 2).

Observando los porcentajes de la cuestión 2, advertimos un incremento de más de 30 puntos porcentuales respecto al pre-test (del 38 al 74%). A pesar de la notable mejoría, un 26% de los alumnos/as sigue teniendo concepciones erróneas en relación a esta pregunta. Dentro de ese porcentaje, un 6% sí que respondió correctamente a la pregunta 1, pero han errado en la justificación. También en esto se aprecia una mejoría, ya que antes era el 21%.

Los motivos más comunes de estos errores son:

- Hacer referencia a que el objeto A está más concentrado o su densidad está más concentrada.
- Frases sin sentido. Ej. “Tiene menor tamaño en la misma masa”.

Dentro del 26% de estudiantes que no responden correctamente a la pregunta 2, existe un 20% que no lo hacen ni a la pregunta 1 ni a la 2. En relación a este subgrupo, hemos realizado una tabla con las ideas erróneas más frecuentes, presentadas en porcentaje con que aparecen en el cuestionario post-test (Tabla 2).

Tabla 2. Ideas erróneas más frecuentes de los alumnos/as que no responden correctamente ni a la pregunta 1 ni a la 2 en el post-test

Ideas erróneas más frecuentes	Porcentaje
Dependerá del material del que estén hechos	38

B es más denso, porque tiene más volumen (es más grande)	25
A y B son del mismo material y A es más denso que B	19
B es más denso, porque el material es más denso	13
No sabe / No contesta	6

Observando la Tabla 2 y comparándola con la Tabla 1, del pre-test, podemos ver que las ideas erróneas más extendidas vuelven a estar relacionadas con el volumen, ‘el objeto B es más denso porque tiene más volumen’ (25%), y con el material de que están hechos (19% más 38%). Respecto a la segunda consideración, es cierto que la densidad depende del material, pero con la información aportada en la situación problemática 1 se pueden deducir 2 cosas claramente: A es más denso que B y los dos objetos no están hechos del mismo material.

Los resultados de las preguntas 3 y 4 también experimentan una notable mejoría en el post-test, llegando al 87% de acierto en ambos casos. Del mismo modo, el número de personas que responde correctamente a ambas cuestiones asciende hasta el 82%, el doble que en el pre-test (Tabla 1). En cuanto a los alumnos y alumnas que han sido capaces de resolver todas las cuestiones planteadas, el porcentaje mejora hasta el 65%, bastante por encima del 23% inicial, pero muy por debajo de lo que sería deseable en estudiantes del Grado de Maestro en Educación Primaria.

Los errores más comunes que hallamos en las preguntas 3 y 4 del post-test son:

- Afirmar que cambia el volumen, porque se dilata, pero que la masa y la densidad permanecen invariables.
- Afirmar que cambia la masa y el volumen, pero no la densidad.
- Afirmar que aumenta el volumen, pero no decir nada sobre la densidad.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el presente trabajo nos planteábamos el realizar una propuesta didáctica para mejorar la enseñanza de la densidad en el Grado de Maestro en Educación Primaria; con el doble objetivo de que los alumnos y alumnas mejoren su formación sobre el tema en cuestión, y que por otro lado, dicha propuesta didáctica les sirva, además, como guía para ponerla en práctica con sus futuros discentes.

Nuestra hipótesis era que las alumnas y alumnos del Grado de Maestro en Educación Primaria mejorarían notablemente su conocimiento sobre la densidad de los materiales y sobre qué factores influyen en ella. Esta hipótesis ha sido confirmada por

los resultados obtenidos en nuestra investigación, con notables mejorías en el post-test, respecto a los resultados iniciales.

Si comparamos nuestros resultados con las investigaciones de la literatura, anteriormente mencionadas, observamos que casi el 60% de los encuestados en el pre-test supo identificar correctamente cuál de los dos objetos es más denso, pero dicho porcentaje desciende considerablemente cuando se trata de justificar el porqué (38%). Precisamente, la literatura apunta en este sentido, que los alumnos/as pueden recordar la fórmula y su operativización, pero presentan mayores dificultades a la hora de razonar de forma conceptual sobre la densidad y las variables que influyen en ella.

Analizando críticamente los resultados obtenidos, quizás la propia metodología ‘pre-test - post-test’ también puede condicionar los porcentajes hallados, ya que inicialmente (en el pre-test) los y las estudiantes pueden encontrarse menos motivados/as a la hora de responder el cuestionario, por lo que son menos minuciosos/as en sus respuestas. Por el contrario, al realizar el post-test, una vez finalizada la propuesta didáctica, tanto su conocimiento como su motivación son claramente superiores, por lo que tendrán más éxito y serán más minuciosos/as en sus respuestas.

Como conclusión de nuestro trabajo podemos afirmar que muchos alumnos y alumnas del Grado de Maestro en Educación Primaria poseen ideas espontáneas sobre el concepto de densidad y sobre los factores que en él influyen. Asimismo, hemos constatado que la propuesta didáctica desarrollada ayuda notablemente a mejorar muchas de esas concepciones erróneas, aunque siempre hay estudiantes que persisten en sus errores.

5. TAREAS DESARROLLADAS EN LA RED

Se enumerará cada uno de los componentes y se detallarán las tareas que ha desarrollado en la red.

M ^a Asunción Menargues Marcilla	Diseño del cuestionario y profesora en la clase experimental. Análisis de datos de los cuestionarios. Redacción de la memoria de Redes.
Rubén Limiñana	Diseño del cuestionario y profesor en la clase experimental. Análisis de datos de

	los cuestionarios.
Sergio Rosa	Diseño del cuestionario y profesor en la clase experimental. Análisis de datos de los cuestionarios. Redacción de la memoria de Redes.
Carolina Nicolas	Diseño del cuestionario y análisis de datos de los cuestionarios.
Rafael Colomer	Diseño del cuestionario y análisis de datos de los cuestionarios.
Isabel Luján	Diseño del cuestionario y análisis de datos de los cuestionarios.
Patricia Quinto	Participación como experto en el diseño del cuestionario. Revisión y discusión de los resultados obtenidos.
Francisco Savall	Participación como experto en el diseño del cuestionario. Revisión y discusión de los resultados obtenidos.
José Antonio García	Participación como experto en el diseño del cuestionario. Revisión y discusión de los resultados obtenidos.
Joaquín Martínez	Participación como experto en el diseño del cuestionario. Revisión y discusión de los resultados obtenidos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (TIMES NEW ROMAN 12, NEGRITA, ALINEADO A LA IZQUIERDA, NUMERADO)

- Becerra-Labra, C., Gras-Martí, A., & Martínez Torregrosa, J. (2012). Effects of a Problem-based Structure of Physics Contents on Conceptual Learning and the Ability to Solve Problems. *International Journal of Science Education*, 34(8), 1235-1253.
- Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 227-244.

- Dawkins, K. R., Dickerson, D. L., McKinney, S. E., & Butler, S. (2010). Teaching Density to Middle School Students: Preservice Science Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Practices. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 82(1), 21-26, DOI: [10.3200/TCHS.82.1.21-26](https://doi.org/10.3200/TCHS.82.1.21-26)
- DECRETO 108/2014, de 4 de julio, del Consell, por el que establece el currículo y desarrolla la ordenación general de la educación primaria en la Comunitat Valenciana.
- Furió, C., Azcona, R., & Guisasola, J. (2006). Enseñanza de los conceptos de “cantidad de sustancia” y de mol basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 43-58.
- Gennaro, E. (1966). Teaching “Density”—A Real Problem. *School Science and Mathematics*, 66(6), 559-560. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1966.tb13591.x>
- Guisasola, J., Furió, C., & Ceberio, M. (2008). Science Education base for developing guided research. En V. Thomse (Ed.), *Science Education in Focus* (6). Nueva York: Novapublisher Inc.
- Harlen, W. (1998). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias* (2ª Edición). Madrid: Ediciones Morata y Ministerio de Educación y Cultura.
- Hashweh, M. Z. (2015). The complexity of teaching density in middle school. *Research in Science & Technological Education*, 34(1), 1-24, DOI: [10.1080/02635143.2015.1042854](https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1042854)
- Hitt, A. M. (2010). Attacking a Dense Problem: A Learner-centered Approach to Teaching Density. *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas*, 42(1), 25-29, DOI: [10.3200/SATS.42.1.25-29](https://doi.org/10.3200/SATS.42.1.25-29)
- Karakas, M. (2012). Teaching Density with a Little Drama. *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas*, 49(3), 94-97, DOI: [10.1080/00368121.2012.671200](https://doi.org/10.1080/00368121.2012.671200)
- Maclin, D., Grosslight, L., & Davis, H. (2009). Teaching for Understanding: A Study of Students' Preinstruction Theories of Matter and a Comparison of the Effectiveness of Two Approaches to Teaching About Matter and Density. *Cognition and Instruction*, 15(3), 317-393, DOI: [10.1207/s1532690xc1503_2](https://doi.org/10.1207/s1532690xc1503_2)

- Martínez-Torregrosa, J., & Verdú, R. (1993). ¿Cómo organizar la enseñanza para un mejor aprendizaje? La estructura de los temas y los cursos en la enseñanza por investigación. *Enseñanza de las Ciencias, número extra*, 97-98.
- Martínez-Torregrosa, J., Alonso, M., Carbonell, F., Carrascosa, J., Domenech, J. L., Domenech, A., Domínguez, A., Osuna, L., & Verdú, R. (1997). *La estructura de todas las cosas*. Valencia: Ed. Aguaclara.
- Meheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington DC: National Academic Press.
- Osuna, L., Martínez-Torregrosa, J., Carrascosa, J., & Verdú, R. (2007). Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(2), 277-290.
- Osuna, L., Martínez-Torregrosa, J., & Menargues, A. (2012). Evaluación de la enseñanza problematizada sobre la luz y la visión en la educación secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 295-317.
- Shtulman, A., & Valcarcel, J. (2012). Scientific knowledge suppresses but does not supplant earlier intuitions. *Cognition*, 124, 209-215.
- Verdú, R., Martínez-Torregrosa, J., & Osuna, L. (2002). Enseñar y aprender en una estructura problematizada. *Alambique*, 34, 47-55.
- Verdú, R., & Martínez-Torregrosa, J. (2005). *La estructura problematizada de los temas y cursos de Física y Química como instrumento de mejora de su enseñanza y aprendizaje*. Valencia: University of Valencia

ANEXO 1

Cuestionario sobre densidad realizado antes y después de la intervención didáctica.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Nombre del alumno/a: Fecha:.....

Estamos realizando un estudio para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Por ello, hemos elaborado un cuestionario que intenta recoger algunos de vuestros aprendizajes sobre un tema frecuente a lo largo de la enseñanza Primaria y Secundaria, como es “La densidad”. Como consecuencia, vuestras respuestas son imprescindibles para contribuir en este trabajo. El cuestionario es anónimo y no forma parte de vuestra evaluación.

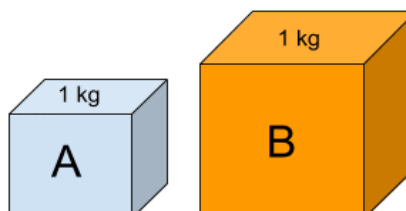
¡¡Muchas gracias por vuestras respuestas y vuestra colaboración!!

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 1.

Disponemos de los siguientes objetos (A y B), y la única información que disponemos sobre ellos es que al pesarlos en una báscula ambos pesan 1 kilogramo. En base a esta información, responde a las siguientes preguntas.

PREGUNTA 1. ¿Cuál de los dos objetos tendrá una mayor densidad?

PREGUNTA 2 ¿Por qué piensas eso? Justifica tu elección como si se lo contaras a un compañero/a.



SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 2.

Disponemos de los mismos objetos (A y B) de la situación anterior, pero ahora cogemos el objeto A y lo calentamos, observando como este se dilata. En base a esta información, responde a las siguientes preguntas.

PREGUNTA 3 ¿Crees que alguna de sus propiedades (masa, volumen, densidad) se modificará? Justifica tu respuesta.

PREGUNTA 4 ¿Crees que alguna de sus propiedades permanecerá invariable? Justifica tu respuesta.

ANEXO 2

Secuencia problematizada sobre el tema de densidad.

‘¿Cómo decidir si un material es más ligero o más pesado que otro?’

A.1.- ¿Por qué nos interesa conocer las propiedades de los materiales?

A.2.- Nombrar algunas propiedades de los materiales que pueden servir para conocerlos y diferenciar unos de otros.

La “pesadez/ligereza” de un material es una propiedad diferenciadora de los materiales que se basa en las dos propiedades generales (masa y volumen). Puesto que todos tienen masa y volumen, todo tendrá una mayor o menor “pesadez/ ligereza” (sea sólido, líquido o gas), por tanto se trata de una propiedad general y, al mismo tiempo, diferenciadora. Por tanto, parece una propiedad muy importante, por lo que vamos a reflexionar sobre ella, intentando concretar nuestra intuición de manera que podamos medirla.

1. INVENCIÓN DE UNA MAGNITUD PARA MEDIR LA “LIGEREZA/PESADEZ” DE UN MATERIAL

A.3.- Seguramente habrás oído decir que “el hierro es más pesado que la madera” (o que “la madera es más ligera que el hierro”). ¿Estás de acuerdo?

A.4.- ¿Realmente qué queremos decir cuando afirmamos que el “papel es más ligero que el plomo”?

La pesadez/ ligereza no son dos propiedades distintas, sino distintos valores de una misma propiedad que nos indica lo “apretada o concentrada” que está la masa de un material determinado. A esa propiedad la llamaremos densidad.

A.5.- Aquí tienes trozos de igual volumen de porespán, corcho, aluminio, zanahoria, metacrilato, material desconocido, gomaespuma. Utiliza la balanza para ordenarlos según su grado de “pesadez”, es decir según el valor de su densidad (Figura 1).



Figura 1. Ejemplo de realización de la actividad 5, utilizando la balanza para ordenar los objetos, de igual volumen, según su grado de “pesadez” (densidad).

A.6.- En la realidad no solemos tener 1 m^3 o 1 dm^3 de un material (ni, además, una balanza tan grande como para poder pesar 1 m^3), sino que tenemos trozos de un material que tienen un volumen de V unidades de volumen (donde V puede ser 2, 20, 0,1, 5) y una masa de m unidades. ¿Cómo podemos, entonces, hallar la masa de 1 unidad de volumen? (Figura 2).

A.7.- Tenemos un trozo de un material desconocido, medimos su volumen y resulta ser de 4 dm^3 (o unidades de volumen) y su masa es de 8 kg. ¿Cómo podemos hallar su densidad, es decir, la masa de un dm^3 (de una unidad de volumen)?

A.8.- Hallar la densidad del material del que están hechos los siguientes objetos: una cantidad de agua; una plomada; un objeto de un metal desconocido; un paquete de folios; un trozo de gomaespuma; una moneda de 0,20 €.

A.9.- En general, si tenemos un objeto de un material cuya masa es de m kg y su volumen de $V \text{ dm}^3$, ¿cómo podremos hallar la densidad de ese material, es decir, la masa de 1 dm^3 ?

A.10.- ¿Explica con tus propias palabras qué significa que la densidad de un material es $2,6 \text{ kg/dm}^3$? ¿Y $1,20 \text{ Kg/m}^3$?

A.11.- Utilizando solo la balanza tienes que decidir cuál de los cuatro líquidos que se muestran es más denso: agua del grifo, agua del mar, aceite de girasol y alcohol. Primero ordénalos utilizando tu intuición, después, la balanza.

A.12.- Una persona dice que la densidad del aluminio es mayor si tomamos un trozo grande que si tomamos un trozo pequeño. ¿Tú qué crees?



Figura 2. Formas de calcular el volumen de un objeto (cubicándolo o por inmersión), cuando este tiene un valor V , indeterminado. Utilizado a partir de la actividad 6.

2.- PONIENDO EN PRÁCTICA LA DEFINICIÓN OPERATIVA DE DENSIDAD

A.13.- Tenemos un gran cubo de hierro de 3 m de lado y queremos hallar su masa, pero no tenemos una báscula suficientemente grande como para pesarlo. Utiliza lo que necesites de la tabla de densidades que se muestra al final y halla la masa del cubo.

A.14.- Tenemos 1 kg de tres materiales distintos, A, B y C. El volumen en cada caso es de 0,9 l; 2,0 l y 1,5 l. Sin hacer operaciones: ¿Cuál material es más denso y cuál menos?

La definición operativa de densidad ($d = m/V$) se inventó hace más de doscientos años, y desde entonces es una de las propiedades más utilizadas (junto con otras) para identificar sustancias.